УДК 372.853

Р.В. Даминов [1], Р.М. Даминова[2],
[1]*Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань*
[2]*Лицей имени Н.И. Лобачевского КФУ*

О РЕШЕНИИ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ

Аннотация. Предлагается универсальная методика решения задач по кинематике прямолинейного равноускоренного движения в курсе физики средней школы.

Ключевые слова*:* обучение, кинематика, решение задач.

Решение многих учебных задач по физике основано на установлении функциональной зависимости искомой физической величины от данных в задаче исходных величин. Также и в кинематике прямолинейного равноускоренного движения решение многих задач сводится к нахождению связи одной или двух искомых кинематических величин с несколькими данными величинами. Например, определение тормозного пути автомобиля по его начальной скорости и продолжительности торможения, или – нахождение скорости вылета пули из ружейного ствола известной длины при известном ее ускорении в стволе, или – определение длительности падения сосульки с крыши дома известной высоты и т.п.

Движения тел в приведённых примерах, полностью описываются совокупностью пяти кинематических величин: начальной скоростью v_0, конечной скоростью v, ускорением a, пройденным путём s и продолжительностью движения t. Эти величины связаны замкнутой системой известных соотношений:

$$\begin{cases} v = v_0 + a\,t, \\ s = v_0\,t + \dfrac{a\,t^2}{2}. \end{cases} \qquad (1)$$

Сокращенная запись этих уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} v = f\,(v_0, a, t), \\ s = \varphi\,(v_0, a, t). \end{cases}$$

Аналогично каждая из перечисленных выше кинематических величин также может быть выражена через любые три другие величины:

$$
\begin{aligned}
&v = f_1(v_0, a, t) = f_2(s, a, t) = f_3(s, a, v_0) = f_4(s, v_0, t),\\
&v_0 = f_5(v, a, t) = f_6(s, a, t) = f_7(s, a, v) = f_8(s, v, t),\\
&s = f_9(v_0, a, t) = f_{10}(v, a, t) = f_{11}(v, v_0, t) = f_{12}(s, v, v_0),\\
&a = f_{13}(v, v_0, t) = f_{14}(s, v, t) = f_{15}(s, v_0, t) = f_{16}(v, v_0, s),\\
&t = f_{17}(v, v_0, a) = f_{18}(v, s, a) = f_{19}(s, v, v_0) = f_{20}(s, v_0, a).
\end{aligned}
\qquad (2)
$$

Эти выражения охватывают все возможные решения рассматриваемого типа кинематических задач. Если эти выражения конкретизировать, записав в явном виде, то все задачи данного типа во всех задачниках можно считать решенными. Алгоритм такого решения прост. Сначала по тексту задачи устанавливается перечень физических величин, считающихся известными, а затем по их сочетанию выбирается среди двадцати известных выражений нужное, которое и является искомым «ответом в общем виде» для данной задачи.

Следует заметить, что иногда в задачах значения некоторых исходных величин бывают завуалированы. Например, словосочетание в тексте задачи: «Камень, отвалившийся от отвесной скалы, свободно падал …» означает, что начальная скорость камня $v_0 = 0$, и что этот камень двигался прямолинейно с ускорением свободного падения $a \approx 10$ *м/с*^{2}.

Конкретизировать же запись всех этих выражений учащиеся могут самостоятельно. Это можно сделать, например, организовав в классе урок-соревнование. Для этого учитель сначала проектирует на экран пустую таблицу (или чертит эту таблицу на классной доске), состоящую из 6-и столбцов и 11-и строк. В ячейки верхней строки учитель записывает обозначения искомых кинематических величин, а в ячейки первого столбца – все возможные сочетания этих величин по три.

Затем учитель формулирует ученикам задание: «Из формул системы (1) путем алгебраических преобразований получите формулы, выражающие каждую кинематическую величину через сочетания трёх других величин. Полученные формулы впишите в соответствующие ячейки таблицы. Вписываемые формулы должны иметь простой и удобный для пользования вид».

Две первые формулы системы (1) в таблицу вписывает учитель в качестве образца. Остальные 18 формул вписать в таблицу должны учащиеся в ходе творческого соревнования между собой. Ученик, раньше остальных определивший вид той или иной формулы, выходит к доске и вписывает её в соответствующую ячейку таблицы. Если вписанная им формула верна, то учитель оставляет ее в таблице, неправильное же выражение из ячейки стирается. В конце урока, когда таблица будет заполнена и примет представленный в таблице 1 вид, наиболее активных учеников (авторов трёх или более правильных формул), учитель поощряет отличными оценками.

Таблица 1.

	v	*v0*	*S*	*a*	*T*
v0 *a* *t*	$v_0 + a t$	×	$v_0 t + \frac{a t^2}{2}$	×	×
v *a* *t*	×	$v - a t$	$vt - \frac{at^2}{2}$	×	×
v *v0* *t*	×	×	$\frac{(v + v_0) t}{2}$	$\frac{v - v_0}{t}$	×
v *v0* *a*	×	×	$\frac{v^2 - v_0^2}{2a}$	×	$\frac{v - v_0}{a}$
s *a* *t*	$\frac{s}{t} + \frac{at}{2}$	$\frac{s}{t} - \frac{at}{2}$	×	×	×
S *a* *v*	×	$\sqrt{v^2 - 2as}$	×	×	$\frac{v - \sqrt{v^2 - 2as}}{a}$
S *a* *v0*	$\sqrt{v_0^2 + 2as}$	×	×	×	$\frac{\sqrt{v_0^2 + 2as} - v_0}{a}$
s *v* *t*	×	$\frac{2s}{t} - v$	×	$\frac{2(vt - s)}{t^2}$	×
s *v0* *t*	$\frac{2s}{t} - v_0$	×	×	$\frac{2(s - v_0 t)}{t^2}$	×

s *v* *v0*	×	×	×	$\dfrac{v^2 - v_0^2}{2s}$	$\dfrac{2s}{v + v_0}$

Предложенный метод существенно упрощает и ускоряет процесс решения рассмотренного типа задач. Знакомить же с ним учащихся целесообразно после того, как рассматриваемый раздел механики будет ими усвоен.

Приведенными в таблице соотношениями удобно пользоваться, если их записать на небольшом листочке в виде, представленном на рис. 1.

$$v = v_0 + at = \frac{s}{t} + \frac{at}{2} = \frac{2s}{t} - v_0 = \sqrt{v_0^2 + 2as}$$

$$v_0 = v - at = \frac{s}{t} - \frac{at}{2} = \frac{2s}{t} - v = \sqrt{v^2 - 2as}$$

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2} = vt - \frac{at^2}{2} = \frac{(v + v_0)\,t}{2} = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{2(vt - s)}{t^2} = \frac{2(s - v_0 t)}{t^2} = \frac{v^2 - v_0^2}{2s}$$

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{2s}{v + v_0} = \frac{v - \sqrt{v^2 - 2as}}{a} = \frac{\sqrt{v_0^2 + 2as} - v_0}{a}$$

Рис. 1

Этот листок учащиеся могут хранить в рабочей тетради, поскольку подобные задачи в последующем встретятся им при решениях задач из других разделов физики, например, электростатики, где требуется определить кинематические параметры заряженной частицы, движущейся в электрическом поле.

Изложенный метод можно также применить к задачам из других разделов механики, например: «Кинематика вращательного движения», «Движение тела, брошенного под углом к горизонту».